

УДК 621.77.539.21

Е. Н. Сафонов, Г. Е. Трекин, Д. С. Мамзин

Нижнетагильский технологический институт (филиал) УрФУ,

г. Нижний Тагил

ПЛАЗМЕННАЯ ЗАКАЛКА СТАЛИ 9ХС

Исследовано влияние параметров режима поверхностной плазменной закалки стали дугой прямой полярности в аргоне на свойства локальной зоны упрочнения. Установлен диапазон режимов, позволяющий целенаправленно управлять технологическими показателями (глубина, ширина и твёрдость) закаленного слоя, добиваясь их оптимального соотношения для различных условий изнашивания.

Ключевые слова: *поверхностная плазменная закалка, параметры режима, свойства зоны закалки.*

E. N. Safonov, G. E. Trekin, D. S. Mamzin

PLASMA HARDENING STEEL

The influence of parameters of surface plasma hardening steel arc straight polarity in argon on the properties of the local zone of hardening. The range of modes that allows purposeful control of technological parameters (depth, width, and hardness) of the hardened layer, ensuring optimal relations for different conditions of wear.

Keywords: *surface plasma hardening, the mode settings, the properties of the quenching zone.*

Методы поверхностного высокоэнергетического упрочнения железоуглеродистых сплавов предназначены для формирования закаленных слоев, обеспечивающих повышенный уровень износостойкости рабочих поверхностей, находящихся в тяжелых условиях внешнего нагружения. Несмотря на принципиальные различия используемого для поверхностной обработки оборудования, механизм формирования упрочняемого слоя в общем случае заключается в быстром нагреве локального участка поверхности до аустенитного состояния с последующим охлаждением в процессе теплоотвода в соседние ненагретые объемы детали. В связи с тем, что масса нагретого слоя значительно меньше, чем масса обрабатываемой детали, скорость его

охлаждения превышает критическую и образовавшийся при нагреве аустенит претерпевает мартенситное превращение.

В работе изучали влияние параметров режима поверхностной плазменной закалки стали 9ХС (ГОСТ 5950–2000) дугой прямой полярности в аргоне на свойства локальной зоны упрочнения. Диапазон изменения параметров режима: ток дуги 130...175 А, скорость ее перемещения 1...4 см/с. Напряжение на дуге составляло 21...23 В. Сочетание параметров выбиралось с учетом обеспечения максимальных глубины и ширины зоны, производительности процесса при отсутствии оплавления поверхности.

Геометрические размеры (глубину и ширину), структуру и твердость локальной зоны упрочнения изучали на поперечных микрошлифах (рис. 1). Для исследования структуры использовали оптический микроскоп Zeiss Observer D1m с увеличением 50-1000х и программное обеспечение Thixomet PRO. Измерение микротвёрдости пирамидой Виккерса под нагрузкой 1,96 Н (200 г) проводилось на твердомере Future-Tech 300 с шагом 0,025 мм в сечении с максимальной глубиной зоны упрочнения.

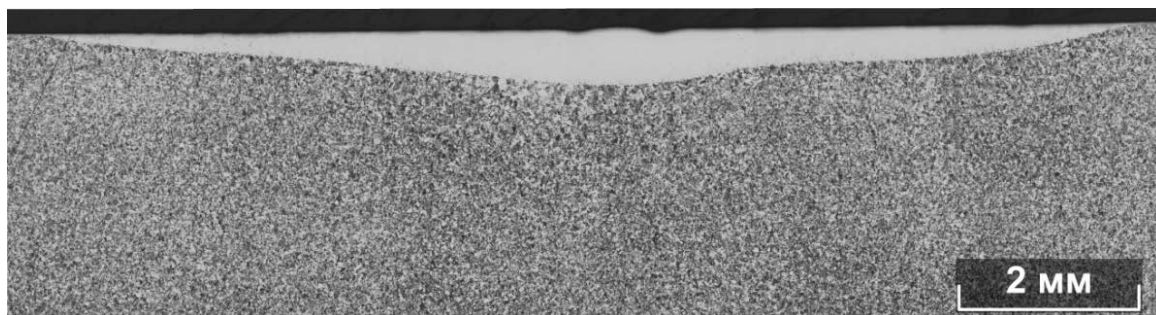


Рис. 1. Поперечное сечение локальной зоны плазменной поверхностной закалки

В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением тока дуги глубина, ширина и микротвердость локальной зоны упрочнения возрастают (таблица 1). Увеличение скорости перемещения дуги при фиксированном значении тока сопровождается снижением этих показателей, что объясняется уменьшением погонной энергии.

Зависимость глубины локальной зоны плазменной закалки от погонной энергии дуги представлена на рис. 2.

Таблица 1

Параметры режима и показатели локальной зоны закали

Сила тока дуги, А	Скорость перемещения дуги, см/с	Погонная энергия; $q = \frac{I \cdot U \cdot \eta}{v}$; Дж/см	Глубина, мм	Ширина, мм	Микротвердость на глубине 0,05 мм от поверхности, HV _{0,2}
140	1	2618,0	1,3	12,7	1073
140	1,25	2094,4	0,7	9,6	1023
165	2	1542,7	0,9	9,8	992
150	2	1402,5	0,8	11,6	880
130	2	1215,5	0,4	8,1	982
175	3	1090,8	0,6	12,5	874
150	3	935,0	0,2	7,1	914
140	3	872,6	0,1	6,9	788
155	4	724,6	0,2	7,4	530

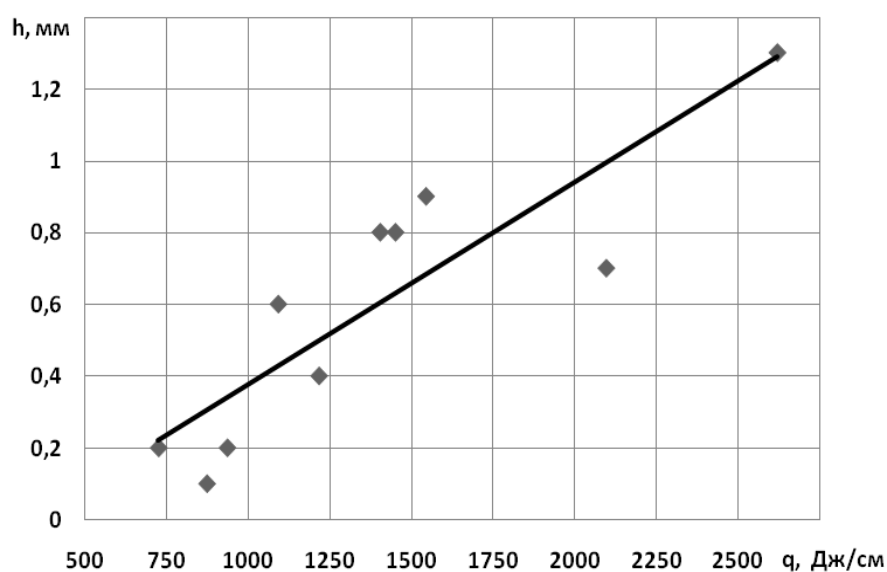


Рис. 2. Зависимость глубины локальной зоны плазменной закали от погонной энергии дуги

Увеличение тепловложения с ростом погонной энергии дуги способствует достижению более высоких температур нагрева и увеличению времени пребывания нагретого участка в области температур выше A_{c1} . Таким образом, фазовые превращения, протекающие в поверхностном слое стали 9ХС при плазменной обработке, позволяют эффективно увеличить микротвердость в зоне термического влияния от 350 до 1150 HV_{0,2} (рис. 3).

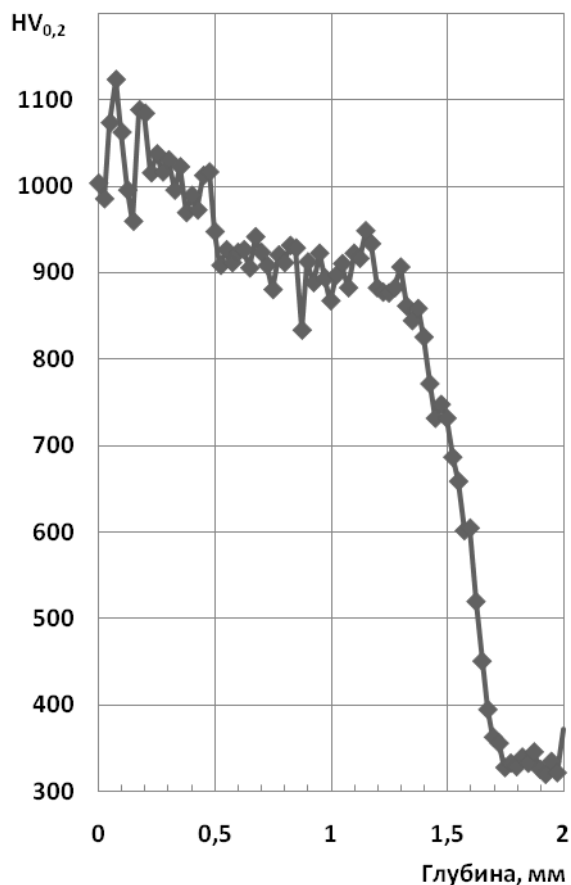


Рис. 3. Изменение микротвердости по глубине локальной зоны плазменной закалки стали 9ХС



Рис. 4. Структура переходной зоны

При нагреве заэвтектоидной стали средняя концентрация углерода в аустените возрастает от 0,8 % за счет растворения карбидных фаз. Устойчивость аустенита при этом увеличивается. В результате, после охлаждения фиксируется высокоуглеродистая мартенситно-аустенитная структура, микротвердость которой достигает 1150 HV_{0,2}. Например, известно, что твердость мартенсита эффективно возрастает при увеличении в нем концентрации углерода до 0,6 %, далее возрастание твердости незначительно. Поэтому режим обработки заэвтектоидной стали должен обеспечить степень растворения карбидов достаточную для получения высокоуглеродистого мартенсита с такой концентрацией. Дальнейший рост тепловложения и растворение карбидной фазы увеличат долю остаточного аустенита.

Следовательно, для заэвтектоидной стали, при обработке на максимальную твердость, предпочтительны режимы с повышенным тепловложением, обеспечивающие необходимую степень насыщения аустенита углеродом из растворяющейся карбидной фазы.

Между зоной закалки с мелкозернистой мартенситно-аустенитной структурой (рис. 1) и исходной перлитной структурой стали, не претерпевшей изменений в результате нагрева, располагается переходная зона с градиентной структурой тонкопластинчатого перлита, обеспечивающей плавное изменение механических свойств между зоной закалки и основным металлом (рис. 4).

На основании результатов проведённых исследований установлен диапазон параметров режима плазменной закалки стали 9ХС, позволяющий целенаправленно управлять технологическими показателями (глубина, ширина и твёрдость) упрочнённого слоя, добиваясь их оптимального соотношения для различных условий изнашивания.